

**ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DENGAN
WATER FLUORIDATION SYSTEM PADA JARINGAN
DISTRIBUSI AIR MINUM KOTA TEMBAGAPURA**



TESIS

**Untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Sarjana Strata-2
pada Program Studi Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro**

**ARIF SUSANTO
NIM. L4K009025**

**PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011**



TESIS

**ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DENGAN *WATER FLUORIDATION*
SYSTEM PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM
KOTA TEMBAGAPURA**

Disusun Oleh

ARIF SUSANTO
L4K009025

Diujikan untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Strata-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama

Pembimbing Kedua

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA.

Ir. Agus Hadiyanto, M.T.

Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA
NIP. 196112281986031004

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DENGAN *WATER FLUORIDATION*
SYSTEM PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM
KOTA TEMBAGAPURA**

Disusun Oleh:
ARIF SUSANTO
L4K009025

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal 03 Oktober 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Mengetahui,

Ketua

Tandatangan

Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Anggota

1. Dr. Istadi, S.T., M.T.

2. Ir. Agus Hadiyanto, M.T.

3. Ir. Winardi Dwi Nugraha, M.Si.

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan dari Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, 03 Oktober 2011

Arif Susanto

*Karya kecil dan bakti untuk Mamah dan Bapak yang sederhana,
Ucapan terimakasih untuk istriku Enisah,
Tanda kasih dan sayang untuk putriku Rayhanna Hafila Zahra Najmatullah
serta putraku Heaven Abqary Odyssey dan Farel Athar Firdausy*

RIWAYAT PENULIS



Arif Susanto berprofesi sebagai Penilik Kesehatan dan *Perekayasa* di bidang Lingkungan, lahir di Kota Salatiga tanggal 4 Juni 1979. Lulus menempuh pendidikan dasar di SD Pardomuan Bandung tahun 1991 dan SMP Negeri 7 Bandung pada tahun 1994. Lulus pendidikan menengah di SMU Negeri 14 Bandung tahun 1997.

Diterima di Pendidikan Tinggi Kedinasan pada Akademi Kesehatan Lingkungan (d/h. Akademi Penilik Kesehatan) Departemen Kesehatan RI Bandung dan lulus tahun 2000. Kemudian kembali mengambil pendidikan Diploma untuk bidang Rekam Medis dan Informatika Kesehatan dan lulus tahun 2002.

Pada bidang teknik lingkungan, menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Kebangsaan Bandung dan lulus tahun 2005. Pada awal tahun 2009 menyelesaikan pendidikan Magister yang pertama untuk bidang Manajemen Kesehatan dan pada tahun 2010, kemudian diterima dan menempuh pendidikan Magister yang kedua dengan konsentrasi Rekeyasa Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Pengalaman bekerja sebagai Supervisor Industrial Higiene dan Sanitasi pada Departemen Produksi di PT Gizitatapangan Sejahtera dari awal 2002 sampai 2004. Kemudian bekerja di Seksi *Environmental Health* sebagai Inspektur Lingkungan pada *Public Health & Diseases Control Department*, PT Freeport Indonesia dari 2004 sampai pertengahan tahun 2011 dan saat ini bekerja sebagai *Environmental Engineer* pada Safety, Health and Environmental (SHE) - Loss Control Department di Technical Services, Concentrating Division - PT Freeport Indonesia, Papua.

ABSTRAK

ANALISIS MODEL KUALITAS AIR DENGAN WATER FLUORIDATION SYSTEM PADA JARINGAN DISTRIBUSI AIR MINUM KOTA TEMBAGAPURA

2011. Arif Susanto. Program Studi Ilmu Lingkungan – Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Air merupakan sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Persyaratan kualitas air minum yang dikonsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan maka penyelenggara air minum perlu dilakukan pengawasan kualitas. Tujuan proyek fluoridasi air di Kota Tembagapura adalah untuk mencapai tingkat konsentrasi fluoride pada level tertentu yang aman dan dapat memberikan manfaat maksimal bagi kesehatan gigi.

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui analisis hidrolis dan model kualitas air untuk konsentrasi fluoride dan untuk membandingkan antara model kualitas air untuk fluoride dengan hasil pengukuran lapangan pada sistem jaringan distribusi air minum di Kota Tembagapura.

Metode analisis yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu metode analisis hidrolis dan kualitas air yaitu suatu model yang akan memberikan konfigurasi jejak fluoride pada jaringan pipa *existing* yang telah diketahui dari *asbuilt drawing* dengan hasil survey lapangan yang dimasukkan dalam analisis hidrolis program EPAnet 2.

Nilai *Most Extreme Difference Absolute* dimana nilai D pada uji terhadap masing-masing variabel adalah 0.105 dan 0.373 yang artinya $p > 0.05$ maka model diterima. Demikian pula apabila menggunakan indikator nilai Z dimana nilainya berturut-turut adalah 0.943 dan 3.338 yang berarti $p > 0.05$ maka model diterima. Hasil simulasi hidrolis dan kualitas air untuk konsentrasi fluoride telah diketahui bahwa penyelesaian untuk *head* dan aliran pada titik yang terpisah meliputi penyelesaian secara simultan dalam persamaan aliran untuk tiap *junction* dan hubungan *headloss* pada setiap *link* pada jaringan sebagai *hydraulic balancing*.

Pelacakan konsentrasi dan ukuran dari *series* terhadap segmen *non-overlapping* dari air yang mengisi setiap *link* dalam jaringan. Selama perkembangan waktu, ukuran dari segmen di hulu dalam *link* bertambah dengan sejumlah air yang masuk dalam *link*. Segmen baru akan dibuat pada akhir dari setiap *link* yang menerima *inflow* dari sebuah *node* jika kualitas *node* baru berbeda dari *link* pada segmen terakhir. Setiap pipa dalam jaringan mengandung segmen tunggal dimana kualitas air sebanding dengan kualitas awal yang ditetapkan pada *node* awal.

Kata kunci: *konsentrasi fluoride, jaringan distribusi air minum, EPAnet, Tembagapura*



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmannirrohim,

Alhamdulillah penulis panjatkan puji dan syukur kepada Alloh swt., karena atas segala berkat karunia, kesehatan serta akal budi yang telah diberikan kepada penulis serta salam dan sholawat kepada Rosulalloh saw., sehingga tesis yang berjudul ‘ *Analisis Model Kualitas Air dengan Water Fluoridation System pada Jaringan Distribusi Air Minum Kota Tembagapura*’ dapat diselesaikan dengan baik.

Dengan penuh rasa hormat, perkenankan penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Mamah dan Bapak, istri, putri dan putra terkasih yang telah meluangkan waktu, memberikan doa sehingga tesis ini dapat selesai pada waktunya.

Dengan selesainya tesis ini, perkenankan pula penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, sebagai Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan pada Program Pascasarjana Universitas Diponegoro dan selaku Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, memberikan perhatian dan bimbingan, serta saran-saran yang sangat bermanfaat, mulai dari bimbingan awal sampai selesainya penyusunan tesis ini.

2. Ir. Agus Hadiyanto, M.T., selaku Pembimbing Kedua yang juga telah meluangkan waktu, memberikan perhatian dan bimbingan, serta saran-saran yang sangat bermanfaat, mulai dari bimbingan awal sampai selesainya penyusunan tesis ini.
3. Dr. Dra. Hartuti Purnaweni, MPA., sebagai Sekretaris Magister Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan kegiatan belajar mengajar.
4. Dr. Istadi, S.T., M.T., sebagai Pengajar di Program Pendidikan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan sekaligus Penguji Pertama tesis ini.
5. Ir. Winardi Dwi Nugraha, M.Si., sebagai dosen pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik dan sekaligus Penguji Kedua tesis ini.
6. Ibu Fitri Handayani dan Bapak Agus Hatomo, SP., selaku admisi dan Bapak Doni Fajar, SE., selaku Bendahara pada Program Studi Ilmu Lingkungan pada Program Pascasarjana Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam kelancaran pelaksanaan kegiatan belajar mengajar.
7. Yang penulis hormati: Bapak Iyas Kusnadi (Manager SHE – Loss Control Department), Bapak Edi Karyono Putro (General Superintendent SHE – Loss Control Department) dan Bapak Haryo Kuncoko (Chief Engineer –

Environmental Section) selaku supervisor di SHE – Loss Control Department, Concentrating Division PTFI yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melanjutkan studi dan menyelesaikan tesis ini.

8. Ayahanda: Mushlihuddin Affifuddin, S.Pd.I dimanapun berada dan tesis ini dibuat juga untuknya, dan rekan seangkatan: Agung Faiz Darmawan, Pak Abdul Haris dan Pak Amiruddin (*Scientist di Marine & Coastal – Environmental Department, PTFI*), Pak Arief Hermono dan Arni Syawal (*Reclamation & Biodiversity – Environmental Department, PTFI*), Pak Hendrikus Budyanto dan Hasmilda Situru (*PT Puncak Jaya Power*) dan kepada semua yang memberikan dorongan sehingga penulis berhasil menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa membalas kebaikan Bapak, Ibu dan rekan-rekan yang penulis hormati, dengan harapan semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kemajuan bangsa dan negara tercinta.

Tembagapura, 03 Oktober 2011

Penulis,

Arif Susanto

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.4.1. Manfaat Penelitian bagi PT Freeport Indonesia	6
1.4.2. Manfaat Penelitian bagi Peneliti	6
1.4.3. Manfaat Penelitian bagi Akademik	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Fluoridasi dan Kesehatan Masyarakat	8
2.1.1. Pengertian Fluoridasi	8
2.1.2. Mekanisme Fluoride Mencegah Karies	9
2.1.3. Absorpsi, Distribusi dan Ekskresi Fluoride	10
2.1.4. Patologis Klinis Fluoride	13
2.1.5. Fluoridasi Secara Sistemik	14
2.2. Bahan Kimia Fluoride	18
2.2.1. Sodium Silicofluoride	18
2.2.2. Disosiasi Bahan Kimia Fluoride	19
2.3. Konsep Dasar Aliran Fluoride	21
2.4. Persamaan-Persamaan Untuk Aliran	22
2.4.1. Persamaan Kontinuitas	22
2.4.2. Persamaan Energi	23
2.4.3. Persamaan Momentum	23
2.4.4. Persamaan Bernoulli	23
2.5. Jenis Aliran Fluida	26
2.6. Metode Pendistribusian Air	27
2.6.1. Sistem Gravitasi	27
2.6.2. Sistem Pemompaan	27
2.6.3. Sistem Gabungan	28
2.7. Kerugian <i>Head</i>	28
2.7.1. Kerugian <i>Head Mayor</i>	28
2.7.2. Kerugian <i>Head Minor</i>	31
2.7.3. Persamaan Empiris Untuk Aliran Dalam Pipa	32

2.8. Jenis Jaringan Pipa	33
2.8.1. Sistem Jaringan Perpipaan Seri	33
2.8.2. Sistem Jaringan Perpipaan Bercabang (<i>Branch</i>)	34
2.8.3. Sistem Jaringan Perpipaan Tertutup (<i>Loop</i>)	34
2.8.4. Sistem Jaringan Perpipaan Kombinasi	35
2.9. Metode Penyelesaian Sistem Jaringan Perpipaan	36
2.10. EPAnet 2	41
2.11. Model Jaringan Distribusi	44
2.11.1. Komponen Fisik	44
2.11.2. Komponen Non Fisik	48
2.12. Reaksi Kualitas Air	50
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	55
3.2. Pengumpulan Data Penelitian	55
3.3. Tahapan Penelitian	57
3.4. Metode Analisis Data Penelitian	59
3.4.1. Metode Analisis Hidrolis	59
3.4.2. Metode Analisis Kualitas Air	60
3.5. Validasi Model	61
3.6. Input Data Model Jaringan Distribusi Air Minum	62
3.6.1. Jenis Aliran dan Metode Pendistribusian Air	62
3.6.2. Komponen Fisik	62
3.6.3. Komponen Non Fisik	64
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Gambaran Umum	65
4.2. Jaringan Distribusi Air Minum	66
4.2.1. Komponen Fisik	66
4.2.2. Komponen Non Fisik	72
4.3. Validasi Model	75
4.4. Analisis Model Hidrolis dan Kualitas Air	76
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Level Optimum Fluoride Untuk Sistem Penyediaan Air Minum Komuniti	14
Tabel 2.2. Level Optimum Fluoride Untuk Sistem Penyediaan Air Minum Sekolah	17
Tabel 2.3. Dosis Suplemen Harian Fluoride	17
Tabel 2.4. Komparasi Bahan Kimia Fluoride	19
Tabel 2.5. Nilai Kekasaran Dinding Untuk berbagai Pipa Komersil	29
Tabel 2.6. Koefisien Kekasaran Pipa <i>Hazen-Williams</i>	33
Tabel 2.7. Model Reaksi Kinetis	52
Tabel 2.8. Formula Menghitung <i>Headloss</i>	53
Tabel 3.1. Tabel Titik Lokasi Pengukuran Lapangan dan Hasil Pemodelan	56
Tabel 4.1. Reservoir pada Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Kota Tembagapura	67
Tabel 4.2. Tanki pada Sistem Jaringan Distribusi Air Minum Kota Tembagapura	68
Tabel 4.3. Input Dasar <i>Valve</i> (Katup)	70
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Output <i>Valve</i> (Katup)	71
Tabel 4.5. Kuantitas Air sebagai Multiplier terhadap Interval Waktu	73
Tabel 4.6. Hasil Uji <i>Kolmogorov Smirnov</i>	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Adsorpsi, Distribusi dan Eliminasi Fluoride dari Tubuh	12
Gambar 2.2. Aliran <i>Steady</i> dan Seragam	21
Gambar 2.3. Ilustrasi Persamaan <i>Bernoulli</i>	25
Gambar 2.4. Diagram <i>Moody</i>	29
Gambar 2.5. Pipa Jaringan Seri	34
Gambar 2.6. Pipa Jaringan Bercabang	34
Gambar 2.7. Pipa Jaringan Tertutup	35
Gambar 2.8. Pipa Jaringan Kombinasi	35
Gambar 2.9. Pipa Dengan Susunan Seri	36
Gambar 2.10. Pipa Dengan Susunan Paralel	36
Gambar 2.11. Sistem Jaringan Pipa	37
Gambar 2.12. Zona Reaksi dalam Pipa	50
Gambar 3.1. Lokasi Titik Pengukuran	57
Gambar 3.2. Tahapan Penelitian	58
Gambar 4.1. Gambaran Produksi Air Minum di Wilayah Tembagapura	65
Gambar 4.2. Jaringan Distribusi Air Minum Kota Tembagapura	66
Gambar 4.3. <i>Demand</i> untuk setiap tanki sesuai perubahan waktu	68
Gambar 4.4. <i>Pressure</i> untuk setiap tanki sesuai perubahan waktu	69
Gambar 4.5. Grafik Kuantitas Air Bervariasi terhadap Waktu	74
Gambar 4.6. Plot grafik distribusi pengukuran data lapangan dan model	76
Gambar 4.7. <i>System Flow Balancing</i>	77
Gambar 4.8. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-0	78
Gambar 4.9. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-1	80
Gambar 4.10. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-3	81
Gambar 4.11. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-6	83
Gambar 4.12. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-9	86
Gambar 4.13. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-12	88
Gambar 4.14. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-16	90
Gambar 4.15. Countour Plot Transportasi Fluoride pada Jam ke-20	93

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lokasi *Water Dam*
- Lampiran 2. Jaringan Distribusi Perpipaan Air Minum Kota Tembagapura
- Lampiran 3. Input Dasar Sambungan (*Junction*)
- Lampiran 4. Input Dasar Pipa
- Lampiran 5. Perhitungan Output Pipa
- Lampiran 6. Jaringan Distribusi Air Minum
- Lampiran 7. Simulasi analisis hidrolis dan konsentrasi fluoride pada jaringan distribusi air minum Kota Tembagapura
- Lampiran 8. Data Hasil Pengukuran Lapangan dan Model
- Lampiran 9. SOP Pemeriksaan Fluoride
- Lampiran 10. Standar Prosedur Operasi Unit Sistem Fluoridasi
- Lampiran 11. Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990
- Lampiran 12. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Penelitian

Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan yang diperlukan untuk memenuhi keperluan sehari-hari, seperti keperluan industri, sanitasi kota maupun pertanian dan lain sebagainya. Bagi manusia, kebutuhan akan air sangatlah mutlak karena zat pembentuk tubuh manusia sebagian besar terdiri dari air yang jumlahnya berkisar 73% dari bagian tubuh manusia tanpa jaringan lemak.

Air merupakan sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PE/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air yaitu agar air minum yang dikonsumsi masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan maka penyelenggara air minum perlu dilakukan pengawasan kualitas.

Pemberian fluoride kedalam air (*water fluoridation*) terhadap pasokan air minum di Tembagapura dilakukan pada bulan Desember 2008. Dan kegiatan terhadap sistem fluoridasi air untuk Kuala Kencana pun dilakukan pada tahun 2011. Proyek ini merupakan upaya bersama antara *Corporate Medical Advisor FCX* serta Departemen *Public Health & Diseases Control* dan *Facilities Management* PT Freeport Indonesia. Dengan demikian berarti fluoridasi air minum di area kerja PT Freeport Indonesia merupakan fluoridasi pertama di Indonesia yang mempergunakan peralatan mekanik pada sistem penyediaan air minum (SPAM).

Tujuan proyek fluoridasi air di area kerja PT Freeport Indonesia yang meliputi Kota Tembagapura adalah untuk mencapai tingkat konsentrasi fluoride pada level tertentu yang aman dan dapat memberikan manfaat maksimal bagi kesehatan gigi. Selain itu pula, meminum air dari keran air minum pada area tersebut kini akan memberikan nilai tambah bagi kesehatan gigi dan penghematan biaya pembelian air kemasan.

Hal ini juga baik bagi lingkungan karena mengurangi penggunaan plastik dan efek emisi (*carbon footprint*) akibat pengangkutan air kemasan. Dan untuk menjaga konsentrasi fluoride agar tetap pada level yang optimum bagi kesehatan dan juga lingkungan terkait dengan *carbon footprint* agar tidak ada ion fluoride terbang ke lingkungan maka penggunaannya dimonitor secara ketat. Juga untuk memenuhi peraturan perundangan khususnya Peraturan Pemerintah Nomor 16 tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 dengan maksud dan tujuan diantaranya yaitu mewujudkan pengelolaan dan pelayanan air minum yang berkualitas dengan harga terjangkau, mencapai kepentingan yang seimbang antara konsumen dan penyedia jasa pelayanan, mencapai peningkatan efisiensi dan cakupan pelayanan air minum dan mendorong upaya gerakan penghematan pemakaian air.

Fluoride dalam air minum diketahui memiliki efek baik menguntungkan maupun merugikan bagi kesehatan. Berdasarkan Laporan Nasional *Riset Kesehatan Dasar* (Riskesdas) 2007, indeks DMF-T sebagai indikator status kesehatan gigi, merupakan penjumlahan dari indeks D-T, M-T dan F-T yang

menunjukkan banyaknya kerusakan gigi yang pernah dialami seseorang baik berupa *Decay/D* (gigi karies atau gigi berlubang), *Missing/M* (gigi dicabut) dan *Filling/F* (gigi ditumpat). Indeks DMF-T secara nasional sebesar 4,85. Ini berarti rata-rata kerusakan gigi pada penduduk Indonesia 5 buah gigi per orang. Sedangkan indeks DMF-T Propinsi Papua sebesar 4,19 yang berarti rata-rata kerusakan gigi pada penduduk propinsi Papua sebesar 4 buah gigi per orang. Sedangkan menurut propinsi, prevalensi karies aktif di propinsi Papua yaitu 40,3% dan pengalaman karies yaitu 62,9%.

Uji coba fluoridasi air minum berlangsung selama 5 tahun dari tahun 1997 sampai dengan 2002. Sebelum uji coba dilaksanakan telah dilakukan *baseline* data lebih dahulu dan didapatkan hasil prevalensi karies pada anak 12 tahun di Kodya Banjarmasin sebesar 91,26%, DMF-T sama dengan 3,91 (*Direktorat Kesehatan Gigi, 1997*), sedangkan kadar fluor dalam air minum dari berbagai sumber air minum, seperti PDAM, sungai, sumur penduduk Kodya Banjarmasin tidak terdeteksi.

Monitoring dan evaluasi kadar fluoride dalam uji coba PDAM Kodya Banjarmasin dilakukan dengan cara menentukan 6 wilayah dan setiap wilayah diambil 10 titik dengan pengambilan 6 kali, jam 14.00, 18.00 dan 10.00 WITA, kemudian diperiksa dengan alat-alat dan cara yang sama. Evaluasi seperti ini dilakukan oleh peneliti pusat sebanyak 2 kali dalam tahun 1999/2000.

Hasil monitoring dan evaluasi yang telah dilakukan setelah fluoridasi air minum pada tahun kedua, hasil evaluasi I tahun kedua adalah 0.00. Kadar fluoride 0.00 pada evaluasi pertama ini disebabkan adanya kendala antara lain kesulitan

dalam membubuhkan Potassium Fluoride dan pengadukan tetapi pada evaluasi II terlihat sudah ada perbaikan (*Badan Litbang Kesehatan, 2001*), dan berakhir pada tahun 2002.

Proses fluoridasi air secara terus menerus akan menyesuaikan jumlah fluoride di dalam air untuk tetap sama dengan tingkat yang direkomendasikan. Fluoridasi air aman dan cara terbaik dalam memperbaiki kesehatan gigi pada banyak orang. Air yang mengandung fluoride dapat mencegah gigi berlubang karena unsur fluoride pada gigi akan membuat struktur gigi lebih kuat dan tahan terhadap asam. Tablet fluoride tidak efektif jika dikunyah, di samping harus larut di dalam mulut dan harus bertahan selama mungkin di dalam mulut. Akan menyulitkan khususnya untuk anak-anak. Tablet juga meningkatkan resiko terjadinya fluorosis gigi dan menimbulkan risiko kelebihan dosis jika tidak dijauhkan dari jangkauan anak-anak.

Panduan Kualitas Air Minum dari *World Health Organization* tahun 2004 merekomendasikan pengelolaan batasan untuk fluoride dalam air minum untuk kisaran variasi dalam rata-rata tahunan dari temperatur udara harian maksimum yaitu berkisar 0.6-0.8 mg/liter untuk temperatur 26.3-32.6°C sampai 0.9-1.7 mg/liter untuk temperatur 10-12°C.

Infrastruktur berupa sistem jaringan pipa yang saat ini ada belum direncanakan untuk menghadapi berbagai faktor yang mengait kepada kualitas air selama dalam pipa terutama terhadap kandungan fluoride.

Kualitas air terkait dengan umur air dan kandungan fluoride yang juga dapat berfungsi sebagai penjejukan dalam menentukan kualitas air belum mendapat perhatian baik saat perencanaan maupun saat operasional.

Rossmann (2000) mengusulkan metode baru yang dikenal sebagai metode *Lagrangian*. Metode ini mengikuti perjalanan segmen air dalam jaringan pipa. Dengan kata lain posisi segmen berubah sesuai dengan perubahan posisi air yang diamati. Pada metode ini, jumlah segmen tidak terikat pada langkah waktu sedang panjang segmen di tengah tidak langsung berhubungan dengan *node*, adalah tetap sepanjang simulasi. Panjang segmen yang langsung berhubungan dengan *node* berubah tergantung dari gerakan segmen lainnya.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah penelitian ini adalah '*Bagaimana model kualitas air untuk konsentrasi fluoride pada sistem jaringan distribusi air minum di Kota Tembagapura*'.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk:

1. Mengetahui analisis hidrolis dan model kualitas air untuk konsentrasi fluoride pada sistem jaringan distribusi air minum di Kota Tembagapura.
2. Untuk membandingkan antara model kualitas air untuk konsentrasi fluoride dengan hasil pengukuran lapangan pada sistem jaringan distribusi air minum di Kota Tembagapura.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Penelitian bagi PT Freeport Indonesia

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu bahan referensi yang dapat memberikan gambaran mengenai model kualitas air dengan sistem fluoridasi terhadap kualitas air pada sistem penyediaan air minum (SPAM) di Kota Tembagapura sehingga tujuan dari fluoridasi air untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui pencegahan kerusakan gigi dapat tercapai dengan efektif dan efisien.

1.4.2. Manfaat Penelitian bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman serta wawasan peneliti mengenai model kualitas air untuk konsentrasi fluoride pada jaringan di sepanjang waktu pada sistem penyediaan air minum di Kota Tembagapura agar dapat memberikan rekomendasi mengenai sistem penyediaan air minum (SPAM) dan khususnya dalam mengelola dan memantau kadar fluoride dalam air tetap pada konsentrasi yang diharapkan agar tujuan dari fluoridasi air dalam upaya meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui pencegahan kerusakan gigi dapat tercapai dengan efektif dan efisien.

1.4.3. Manfaat Penelitian bagi Akademik

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu bacaan serta referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkenaan fluoridasi air pada sistem penyediaan air minum (SPAM) dalam upaya pencegahan kerusakan gigi serta peningkatan

derajat kesehatan masyarakat serta menambah khazanah ilmu pengetahuan yang baru dalam sistem penyediaan air minum dan fluoride yang sampai saat ini belum banyak dilakukan di berbagai wilayah di Indonesia.